

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-308345  
(43)Date of publication of application : 17.11.1998

(51)Int.Cl.

H01L 21/027  
G02B 17/08  
G02B 27/18  
G03F 7/20

(21)Application number : 09-127927

(71)Applicant : NIKON CORP

(22)Date of filing : 30.04.1997

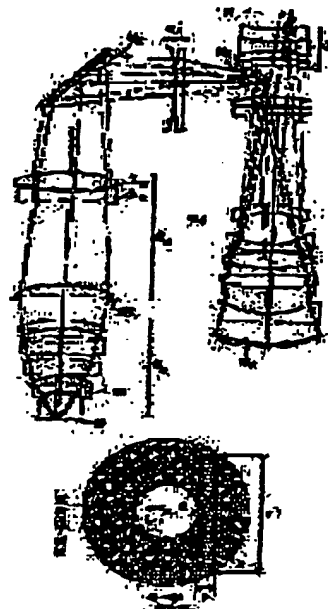
(72)Inventor : OMURA YASUHIRO

## (54) CATADIOPTIC PROJECTION OPTICAL SYSTEM

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a catadioptric projection optical system in which a large number of openings is achieved in an ultraviolet ray wave range, and resolution of a quarter micron unit is provided.

**SOLUTION:** This optical system contains a lens and a concave mirror, and an image of an exposure region A out of a pattern of a first surface R is image-formed on a second surface W with demagnification power, and the first and second surface R and W are synchronously scanned at the ratio of speed corresponding to the demagnification power of each other, thereby the entire image of the pattern of the first surface R is projected on the second surface W. In this case, the exposure region A is in one semicircular region out of an available region of a projection optical system halved by a diameter L perpendicular to the scanning direction, and the region A is constituted with a first image formation optical system on which an intermediate image of the first surface R is formed and a concave mirror MC is provided, a first flat mirror M1 disposed near the intermediate image, and a second image formation optical system which forms a re-image-formation of the intermediate image on the second surface W, in the order of passage of a beam from the first surface R side, and the second image formation optical system contains at least one negative lens LCa formed of fluoride.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1988,2003 Japan Patent Office

特開平10-308345

(43) 公開日 平成10年(1998)11月17日

(51) IntCl.<sup>4</sup>  
 H01L 21/027  
 G02B 17/08  
 27/18  
 G03F 7/20

識別記号

521

FI

H01L 21/30  
 G02B 17/08  
 27/18  
 G03F 7/20

515D  
 A  
 Z  
 521

請求項 未請求 請求項の数6 FD (全6頁)

(21) 出願番号 特願平9-127927

(22) 出願日 平成9年(1997)4月30日

(71) 出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72) 発明者 大村 泰弘

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株

式会社ニコン内

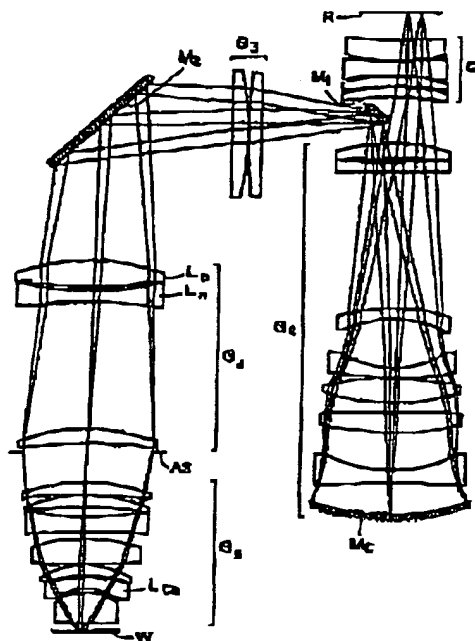
(74) 代理人 弁護士 猪熊 克彦

## (54) 【発明の名称】 反射屈折投影光学系

## (57) 【要約】

【課題】紫外線波長域で大きな開口数を達成し、クォータミクロン単位の解像度を有する反射屈折投影光学系を提供する。

【解決手段】レンズと凹面鏡とを含み、第1面Rのパターンのうちの露光領域Aの像を縮小倍率にて第2面Wに結像させ、第1面Rと第2面Wとを互いに縮小倍率に対応した速度比にて同期して走査することにより、第1面Rのパターンのすべての像を第2面Wに投影する反射屈折投影光学系において、露光領域Aは、投影光学系の有効領域のうち、走査方向と直交する直径Lによって2分される一方の半円領域内にあり、第1面Rから光線が通る頃に、第1面Rの中間像を形成し凹面鏡M<sub>C</sub>を有する第1結像光学系と、中間像の近傍に配置した第1の平面鏡M<sub>1</sub>と、中間像の再結像を第2面W上に形成する第2結像光学系とから構成され、第2結像光学系は、蛍石によって形成した負レンズL<sub>C2</sub>を少なくとも1枚含む。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 レンズと凹面鏡とを含み、第1面のパターンの中の露光領域の像を縮小倍率にて第2面に結像させ、前記第1面と第2面とを互いに前記縮小倍率に対応した速度比にて同期して走査することにより、前記第1面のパターンのすべての像を第2面に投影する反射屈折投影光学系において、前記露光領域は、投影光学系の有効領域のうち、前記走査方向と直交する直径によって2分される一方の半円領域内にあり、前記第1面から光線が通る順に、第1面の中間像を形成し凹面鏡を有する第1結像光学系と、前記中間像の近傍に配置した第1の平面鏡と、前記中間像の再結像を前記第2面上に形成する第2結像光学系とから構成され、前記第2結像光学系は、蛍石によって形成した負レンズを少なくとも1枚含むことを特徴とする反射屈折投影光学系。

【請求項2】 反射屈折投影光学系を構成する各レンズが、それぞれ合成石英と蛍石とのいずれかによって形成されていることを特徴とする請求項1記載の反射屈折投影光学系。

【請求項3】 前記第1結像光学系は、第1レンズ群G<sub>1</sub>、第2レンズ群G<sub>2</sub>及び前記凹面鏡から構成され、前記第1面からの光は、前記第1レンズ群G<sub>1</sub>と第2レンズ群G<sub>2</sub>とをその順に通り、前記凹面鏡によって反射され、前記第2レンズ群G<sub>2</sub>を往路とは逆向きに通り、前記第1の平面鏡によって反射することを特徴とする請求項1又は2記載の反射屈折投影光学系。

【請求項4】 前記第2結像光学系は可変開口絞りを有し、該可変開口絞りと前記第2面との間に前記蛍石によって形成した負レンズを有することを特徴とする請求項1、2又は3記載の反射屈折投影光学系。

【請求項5】 前記第2結像光学系は、前記第1の平面鏡側から順に、正の屈折力を持つ第3レンズ群G<sub>3</sub>、第2の平面鏡、第4レンズ群G<sub>4</sub>、可変開口絞り、及び第5レンズ群G<sub>5</sub>から構成されることを特徴とする請求項1、2、3又は4記載の反射屈折投影光学系。

【請求項6】 前記中間像と第2結像光学系の前記可変開口絞りとの間に、光の通る順に、前記中間像側により強い凸面を向けた正レンズと、前記中間像側により強い凹面を向けた負レンズが隣接して配置されていることを特徴とする請求項4又は5記載の反射屈折投影光学系。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、例えば半導体素子、または液晶表示素子等をフォトリソグラフィ工程で製造する際に使用される投影光学系に関し、特に光学系の要素として屈折系のほかに反射系を用いることにより、紫外線波長域でクォーターミクロン単位の解像度を有する反射屈折投影光学系に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 半導体素子等を製造するためのフォトグラフィ工程において、フォトマスクまたはレジクル（以下、まとめて「レジクル」という）のパターン像を投影光学系を介して、フォトリソグロウ等が塗布されたウエハ（またはガラスプレート等）上に露光する投影露光装置が使用されている。半導体素子等の集積度が向上するにつれて、投影露光装置に使用されている投影光学系に要求される解像力は益々高まっている。この要求を満足するために、照明光の波長を短く且つ投影光学系の開口数（N.A.）を大きくする必要が生じた。しかし、照明光の波長が短くなると、光の吸収によって実用に耐える材料の種類は限られ、波長が300nm以下になると実用上使える材料は合成石英と蛍石だけとなる。両者のアッペ数は、色収差を補正するのに十分な程は離れていないので、波長が300nm以下になった場合には、屈折系だけで投影光学系を構成すると、色収差をはじめとする諸収差の補正が困難となる。

【0003】 これに対して反射系は色収差がないため、反射系と屈折系とを組み合わせたいわゆる反射屈折光学系によって投影光学系を構成した種々の技術が提案されている。その中で、光学系の途中で1回中間像を形成するタイプとしては、特開昭63-103419号公報、特公平7-111512号公報、特公平5-25170号公報、USP-4, 779, 966等に関示されている。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】 上記の如き従来の技術のうちで、光軸上の光線を含む露光領域を用いる反射屈折光学系では、光路分割のために透過反射面を持ったビームスプリッターを使う必要がある。このような光学系ではウエハ面からの反射光による内面反射や、ビームスプリッター以降の光学系の屈折面での内面反射、ビームスプリッターの透過反射面等において、フレアーや照明ムラの原因となる迷光が発生し易い。また開口数を大きくすると大型のビームスプリッターが必要となり、光ロスによる露光時間の長大化は半導体製造工程におけるスループットの低下を招く。さらに特開平6-300978号公報等にも開示されているように、光量ロスを防ぐために偏光ビームスプリッターの採用が必要となるが、大型の偏光ビームスプリッターを製造することは極めて難しく、透過反射膜の不均一性、角度特性、吸収、位相変化などが結像特性を劣化させるという不都合があった。

【0005】 一方、リング視野光学系は、物体と結像面を同時に走査し大きな露光領域を得る走査型露光方式を採用し、また中間像を作ってその付近に光路偏向部材を配置することで、ビームスプリッターを用いなくとも光路分割が実現できる。しかしこの中間像を複数回作ろうとすると、光学系の光路長が長くなってしまい、また凹

面鏡を複数枚使用すると、光路分割のために露光領域を光軸から大きく離す必要を生じ、光学系の大型化は避けられない。以上から実用的には中間像、凹面鏡をそれぞれ1つ持つ光学系が望ましい。従来開示されている光学系のうち中間像、凹面鏡をそれぞれ1つ持つ光学系に限定してみると、特公平7-111512号公報とUSP-4, 779, 966が挙げられる。しかしこれらの従来技術も、大きな露光領域を持ちクォーターミクロン単位の解像度を有する光学系の実用化には問題がある。

【0006】まずUSP-4, 779, 966において10は、反射光学系を中間像よりも第2面よりの縮小側に採用している。しかし縮小側は第1面側に比べてNAが大きいため、光路分割が困難で光学系のNAを大きくすることができず、十分な解像力を持つことができない。また凹面鏡の大型化も避けられない。特公平7-111512号公報においては、中間像を形成するための凹面鏡を含む第1結像光学系が完全対称型の光学系で構成されており、中間像は第1面の等倍像となっている。これにより第1結像光学系の収差発生を軽減させているが、第2結像光学系が全系の倍率を一手に受け持つこととな20り、第2結像光学系にかかる負担が重くなる。特に光学系に大きなNAが要求されると、第2結像光学系の大型化、複線化は避けられない。更に中間像が第1面付近に形成されるため、偏光ビームスプリッター等の光路偏向部材を用いないと、第1面付近でのワーキングディスタンスを十分にとることが出来ない。

【0007】本発明はかかる点に鑑み、露光領域に大きな開口数を達成し、光学系が実用的な大きさで、像側の作動距離も十分確保し、クォーターミクロン単位の解像度を有する反射屈折投影光学系を提供することを課30題とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】上述の課題を達成するために、本発明による反射屈折投影光学系は、レンズと凹面鏡とを含み、第1面のパターンの中の露光領域の像を縮小倍率にて第2面に結像させ、第1面と第2面とを互いに縮小倍率に対応した速度比にて同期して走査することにより、第1面のパターンのすべての像を第2面に投影する反射屈折投影光学系において、露光領域は、投影光学系の有効領域のうち、走査方向と直交する直徑に40よって2分される一方の半円領域内にあり、第1面から光線が通る順に、第1面の中間像を形成し凹面鏡を有する第1結像光学系と、中間像の近傍に配置した第1の平面鏡と、中間像の再結像を第2面上に形成する第2結像光学系とから構成され、第2結像光学系は、蛍石によって形成した負レンズを少なくとも1枚含むように構成している。

【0009】上述の構成の如き本発明においては、第2結像光学系に蛍石によって形成した負レンズ $L_{Ca}$ を少なくとも1枚配置することで、倍率色収差および各波長ご50

とのコマ収差（色コマ収差）のばらつきを良好に補正することができる。また中間像付近に第1の平面鏡 $M_1$ を用いることで、光路の分離がしやすくなり、光学系の大型化も防ぐことができる。その際、反射屈折投影光学系を構成する各レンズを、それぞれ合成石英と蛍石とのいずれかによって形成することで、露光波長を300nm以下にしても十分に透過率を確保することが可能となり、クォーターミクロン単位の解像度を実現できる。

【0010】また第1結像光学系を、第1レンズ群 $G_1$ 、第2レンズ群 $G_2$ 及び凹面鏡 $M_C$ から構成し、第1面からの光が、第1レンズ群 $G_1$ と第2レンズ群 $G_2$ とをその順に通り、凹面鏡 $M_C$ によって反射され、第2レンズ群 $G_2$ を往路とは逆向きに通り、第1の平面鏡 $M_1$ によって反射されることが好ましい。さらに第1レンズ群 $G_1$ は、少なくとも3つの異なる屈折力を持つ屈折部材から構成されることが好ましい。近時、光学系に解像力が求められるにつれて、歪曲収差の補正や像面湾曲の補正にも厳しいスペックが要求されている。この達成のためには、製造時及び製造後の調整が必要となるが、調整用のレンズは第1面近傍のレンズが有効である。すなわち第2レンズ群 $G_2$ は往復兼用光学系であるため、調整用のレンズとしては不向きといえる。従って、第1レンズ群 $G_1$ を、少なくとも3つの異なる屈折力を持つレンズで構成することにより、歪曲収差や像面湾曲の製造時の調整が可能となる。

【0011】また、第2結像光学系に可変開口絞りASを設けることで、露光パターンに最適となるように解像力と焦点深度を調節することができる。更にこの可変開口絞りASと第2面との間に、蛍石によって形成した負レンズ $L_{Ca}$ を少なくとも1枚設けることで、倍率色収差および各波長ごとのコマ収差のばらつきを良好に補正することができる。

【0012】また第2結像光学系を、第1の平面鏡 $M_1$ 側から順に、正の屈折力を持つ第3レンズ群 $G_3$ 、第2の平面鏡 $M_2$ 、第4レンズ群 $G_4$ 、可変開口絞りAS、及び第5レンズ群 $G_5$ から構成することで、開口数を大きくしても良好に収差を補正し、第2結像光学系が大きくなるのを防ぐこともできる。更に中間像と第2結像光学系の可変開口絞りASとの間に、光の通る順に、中間像側により強い凸面を向けた正レンズ $L_p$ と、中間像側により強い凹面を向けた負レンズ $L_n$ を隣接して配置することにより、コマ収差を良好に補正することができる。

【0013】

【発明の実施の形態】本発明の実施の形態を図面によって説明する。図1は本発明による反射屈折投影光学系の一実施例を示し、この投影光学系は、レチクルR上のパターンのうちの露光領域Aの像を縮小倍率にてウエハW上に結像させ、レチクルRとウエハWとを互いに縮小倍率に対応した速度比にて同期して走査することにより、レチクルR上のパターンのすべての像をウエハWに投影

する光学系である。

【0014】この光学系は、レチクルR側から順に、レチクルR上のパターンの中間像を形成する第1結像光学系と、中間像の近傍に配置した第1の平面鏡 $M_1$ と、中間像の再結像をウエハW上に形成する第2結像光学系とから構成されている。第1結像光学系は、第1レンズ群 $G_1$ 、第2レンズ群 $G_2$ 及び凹面鏡 $M_c$ から成り、レチクルRからの光が、第1レンズ群 $G_1$ と第2レンズ群 $G_2$ とをその順に通り、凹面鏡 $M_c$ によって反射され、第2レンズ群 $G_2$ を往路とは逆向きに通じ、第1の平面鏡 $M_1$ によって反射するように構成されている。第2結像光学系は、第1の平面鏡 $M_1$ 側から順に、正の屈折力を持つ第3レンズ群 $G_3$ 、第2の平面鏡 $M_2$ 、第4レンズ群 $G_4$ 、可変開口絞りAS、及び第5レンズ群 $G_5$ から構成されている。

【0015】この実施例において、すべてのレンズは合成石英か、又は螢石によって形成されており、特に、可変開口絞りASとウエハWとの間に、螢石によって形成した負レンズ $L_n$ が設けられている。また第1の平面鏡 $M_1$ と可変開口絞りASとの間には、光の通る順に、中間像側により強い凸面を向けた正レンズ $L_p$ と、中間像側により強い凹面を向けた負レンズ $L_n$ が隣接して配置されている。

【0016】図2はこの実施例の露光領域を示し、本実施例の露光領域Aは、投影光学系の有効領域のうち、走査方向と直交する直径Lによって2分される一方の半円領域内にあり、本実施例の露光領域Aは、走査方向と直交する方向に長辺aを有し、走査方向に短辺bを有する長方形スリット状としている。但し、円弧を走査方向に平行移動して得られる円弧状スリットとすることもできる。

【0017】本実施例の諸元を表1に示す。表1の【主要諸元】中、露光領域はレチクルR上での値を示す。また【光学部材諸元】中、第1欄NoはレチクルR側からの各光学面の番号、第2欄rは各光学面の曲率半径、第3欄dは各光学面の間隔、第4欄は各光学部材の材料、第5欄は各光学部材又は光学面の番号又は群番号を表す。曲率半径rは光線の進行方向側に曲率中心があるときを正とし、光線の進行方向の反対側に曲率中心があるときを負としている。但し、光線が反射面によって反射するたびに、正負を反転して表示している。各光学面の間隔dも、光線が反射面によって反射するたびに、正負を反転して表示している。

【0018】

【表1】

【主要諸元】

露光波長	192.3nm ±5pm
屈折率	SiO <sub>2</sub> (合成石英) 1.56083
	CaF <sub>2</sub> (螢石) 1.50146
像対開口数	0.6
露光領域	a=5mm b=6mm c=27.5mm

【光学部材諸元】

No	r	d	材料
0	(レチクル)	53.958	
1	-743.6751	41.476	SiO <sub>2</sub> G <sub>1</sub>
2	-332.8457	0.507	
3	-675.7759	31.629	SiO <sub>2</sub> G <sub>1</sub>
4	593.7207	0.500	
5	342.1494	20.122	SiO <sub>2</sub> G <sub>1</sub>
6	775.4586	0.500	
7	868.8120	20.000	SiO <sub>2</sub> G <sub>1</sub>
8	615.9015	89.203	
9	349.5098	30.000	SiO <sub>2</sub> G <sub>1</sub>
10	2523.2914	7.432	
11	-1067.4813	20.000	SiO <sub>2</sub> G <sub>1</sub>
12	8386.7066	273.481	
13	321.2901	20.000	SiO <sub>2</sub> G <sub>1</sub>
14	210.4581	84.708	
15	-175.0387	20.000	SiO <sub>2</sub> G <sub>1</sub>
16	-742.3089	0.500	
17	487.6189	50.000	CaF <sub>2</sub> G <sub>1</sub>
18	-362.6571	20.576	
19	7758.6515	40.000	SiO <sub>2</sub> G <sub>1</sub>
20	-468.9993	75.443	
21	-232.2839	25.000	SiO <sub>2</sub> G <sub>1</sub>
22	1456.5545	64.657	
23	-381.1005	-64.667	凹面鏡 M <sub>c</sub>
24	1456.5545	-25.000	SiO <sub>2</sub> G <sub>1</sub>
25	-232.2839	-75.443	
26	-468.9993	-40.000	SiO <sub>2</sub> G <sub>1</sub>
27	7758.6515	-20.678	
28	-362.6571	-50.000	CaF <sub>2</sub> G <sub>1</sub>
29	487.6189	-0.500	
30	-742.3089	-20.000	SiO <sub>2</sub> G <sub>1</sub>
31	-175.0387	-84.708	
32	210.4581	-20.000	SiO <sub>2</sub> G <sub>1</sub>
33	321.2901	-273.481	
34	8386.7066	-20.000	SiO <sub>2</sub> G <sub>1</sub>
35	-1067.4813	-7.432	

36	2523.2914	-30.000	SiO <sub>2</sub>	G <sub>1</sub>
37	349.6098	-17.896		
38	∞	235.000	平面鏡	M <sub>1</sub>
39	3119.8019	25.000	SiO <sub>2</sub>	G <sub>2</sub>
40	-887.8611	0.500		
41	667.8192	28.037	SiO <sub>2</sub>	G <sub>3</sub>
42	55113.4903	260.000		
43	∞	-260.218	平面鏡	M <sub>2</sub>
44	-333.6185	-49.948	CaF <sub>2</sub>	G <sub>4</sub> L <sub>1</sub>
45	933.5571	-10.444		
46	465.7950	-25.000	SiO <sub>2</sub>	G <sub>5</sub> L <sub>2</sub>
47	-951.3853	-251.709		
48	-307.6306	-30.000	SiO <sub>2</sub>	G <sub>6</sub>
49	-1088.2660	-15.000		
50	(開口絞り)	-59.026		
51	-289.7981	-25.000	SiO <sub>2</sub>	G <sub>7</sub>
52	-904.6044	-0.500		
53	-233.6488	-28.118	SiO <sub>2</sub>	G <sub>8</sub>
54	-718.8811	-20.728		
55	472.2354	-30.000	SiO <sub>2</sub>	G <sub>9</sub>
56	-2281.7414	-15.489		
57	-854.1584	-50.000	SiO <sub>2</sub>	G <sub>10</sub>
58	1537.1108	-0.500		
59	-125.2064	-23.633	SiO <sub>2</sub>	G <sub>11</sub>
60	-264.3990	-3.896		
61	-336.4588	-20.000	CaF <sub>2</sub>	G <sub>12</sub> L <sub>3</sub>
62	-81.7399	-7.807		
63	-85.0000	-60.000	SiO <sub>2</sub>	G <sub>13</sub>
64	-1464.8088	-18.811		
65	(ウエハ)			

中、Yは像高を表す。収差図に示されるように、本実施例は優れた結像性能を有することが解る。

#### 【0020】

【発明の効果】以上のように本発明によれば、紫外線波長域で大きな開口数を達成し、光学系が実用的な大きさで、像側の作動距離も十分に確保され、クォーターミクロン単位の解像度を有する反射屈折投影光学系が得られた。

#### 【図面の簡単な説明】

10 【図1】本発明の一実施例を示す構成図

【図2】本実施例の露光領域を示す平面図

【図3】本実施例の横収差図

#### 【符号の説明】

G<sub>1</sub>…第1レンズ群

G<sub>2</sub>…第2レンズ群

G<sub>3</sub>…第3レンズ群

G<sub>4</sub>…第4レンズ群

G<sub>5</sub>…第5レンズ群

AS…開口絞り

M<sub>C</sub>…凹面鏡

M<sub>1</sub>, M<sub>2</sub>…平面鏡

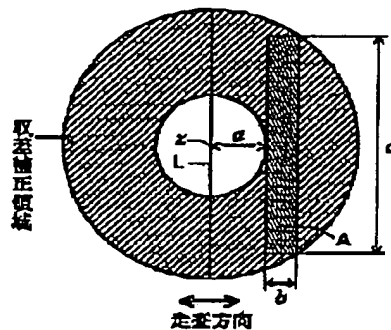
R…レチクル

W…ウエハ

A…露光領域

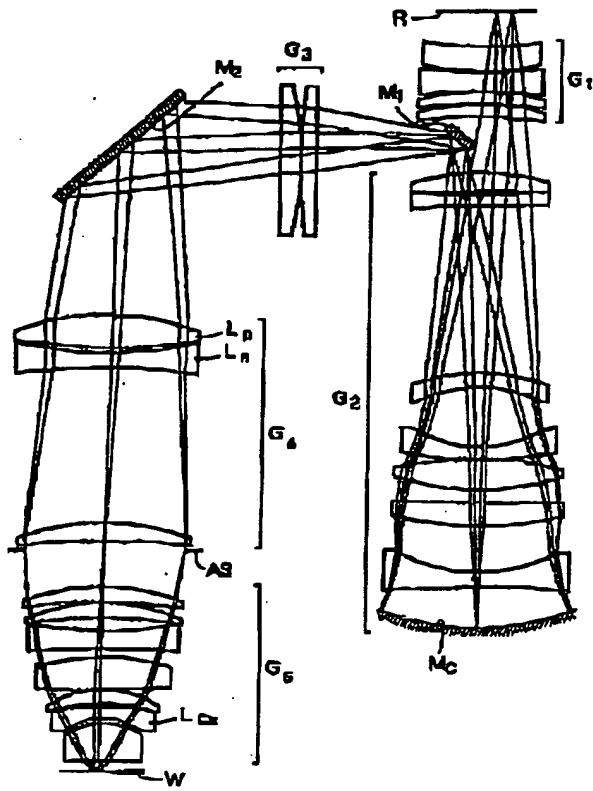
【0019】図3に本実施例の横収差を示す。横収差図

【図2】





【図1】



【図2】

